

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-239369

(43)Date of publication of application : 31.08.1999

(51)Int.Cl.

H04Q 3/52

G02F 1/31

H04B 10/02

(21)Application number : 10-038481

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 20.02.1998

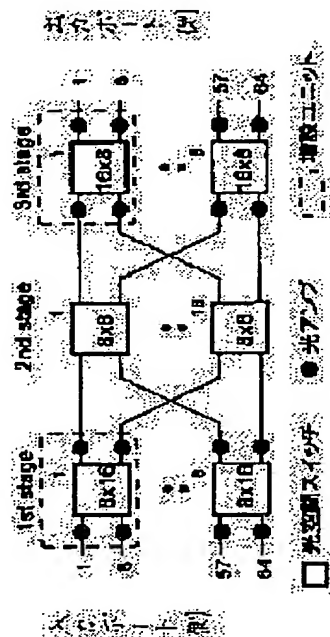
(72)Inventor : KUROYANAGI TOMOJI
NISHI TETSUYA
MAEDA TAKUJI
TSUYAMA ISAO
NAKAJIMA ICHIRO

(54) OPTICAL EXCHANGE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical exchange that properly copes with a sequential increase in a switching capacity by placing optical amplifiers to compensate the loss of an optical signal in a form rich in the extension performance.

SOLUTION: In the case that an optical switch section being a component of the optical exchange consists of 3-stage circuits, an optical amplifier is provided to an input side and an output side of a 1st stage optical spatial switch and the optical spatial switch and the optical amplifiers at both the input and output sides are used for an extension unit in the case of extending the switching capacity. Similarly an optical amplifier is provided to an input side and an output side of a 3rd stage optical spatial switch and the optical spatial switch and the optical amplifiers at both the input and output sides are used for an extension unit in the case of extending the switching capacity. Thus, even in the case of initial setting state or the like where only a part of the available maximum switching capacity is in use, the initial investment is reduced not providing excessively the optical amplifiers.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-239369

(43)公開日 平成11年(1999)8月31日

(51)Int. Cl. °

識別記号

F I

H 0 4 Q 3/52

H 0 4 Q 3/52

C

G 0 2 F 1/31

G 0 2 F 1/31

H 0 4 B 10/02

H 0 4 B 9/00

T

U

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 17 頁)

(21)出願番号

特願平10-38481

(22)出願日

平成10年(1998)2月20日

(71)出願人

000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72)発明者

黒柳 智司

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(72)発明者

西 哲也

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(74)代理人

弁理士 大菅 義之 (外1名)

最終頁に続く

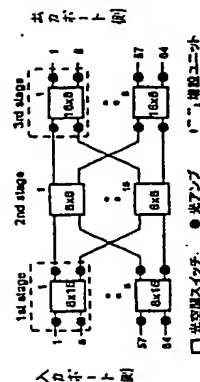
(54)【発明の名称】 光交換機

(57)【要約】

【課題】 光信号の損失を補償するための光アンプを拡張性に富んだ形で配置し、スイッチング容量の順次増加に適切に対応できる光交換機を提供する。

【解決手段】 光交換機を構成する光スイッチ部が3段回路からなっている場合、1段目の光空間スイッチの入力側と出力側に光アンプを設け、光空間スイッチと入出力両側の光アンプとをスイッチング容量の増設の際の増設ユニットとする。同様に、3段目の光空間スイッチの入力側と出力側に光アンプを設け、光空間スイッチと入出力両側の光アンプとをスイッチング容量の増設の際の増設ユニットとする。従って、可能な最大スイッチング容量の一部しか使用しない初期設定時等の場合にも、光アンプを無駄に設けることが無く、初期投資を削減することが出来る。

3段回路構成の場合の光スイッチ部の構成例を示す図(その1)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長多重された光信号を複数のポートから入力し、ルーティングして、複数のポートから出力する光交換機において、

入力された光信号に含まれる特定の波長の光信号を選択的にルーティングするルーティング素子と、

該入力された光信号、あるいは、該特定の波長の光信号を増幅する光増幅手段とを備え、

該ルーティング素子と該光増幅手段とを組み合わせる増設ユニットを構成し、該増設ユニットの設置数を増やすことによって該光交換機のスイッチング容量を増加可能な構成としたことを特徴とする光交換機。

【請求項2】 前記ルーティング素子は、光空間スイッチであることを特徴とする請求項1に記載の光交換機。

【請求項3】 前記光空間スイッチは、 $k \times 2k$ (k は自然数) 光スイッチ、あるいは、 $2k \times k$ 光スイッチであることを特徴とする請求項2に記載の光交換機。

【請求項4】 前記光空間スイッチは、 $k \times 2k$ (k は自然数) 光スイッチ、あるいは、 $2k \times k$ 光スイッチを複数組み合わせたものであることを特徴とする請求項2に記載の光交換機。

【請求項5】 前記ルーティング素子は、 $1 \times k$ (k は自然数) 光スイッチと $k \times 1$ 光スイッチとを接続したものであることを特徴とする請求項1に記載の光交換機。

【請求項6】 前記ルーティング素子は、波長フィルタであることを特徴とする請求項1に記載の光交換機。

【請求項7】 前記波長フィルタは音響光学フィルタであることを特徴とする請求項6に記載の光交換機。

【請求項8】 前記波長フィルタは、ファイバファブリケーショフィルタであることを特徴とする請求項6に記載の光交換機。

【請求項9】 各段が複数の光空間スイッチを含む3段光スイッチ回路網からなる光交換機において、

1段目と3段目の光空間スイッチの各入出力に配置された光アンプを備え、

光空間スイッチと該光空間スイッチの入出力両側の光アンプとを増設ユニットとして該光交換機のスイッチング容量を拡張可能な構成としたことを特徴とする光交換機。

【請求項10】 各段が複数の光空間スイッチを含む3段光スイッチ回路網からなる光交換機において、

1段目の光空間スイッチの各出力ポートに設けられた $1 \times k$ (k は自然数) 光スイッチと、

3段目の光空間スイッチの各入力ポートに設けられた $k \times 1$ 光スイッチとを具備し、

1段目と3段目の1個の光空間スイッチにつながる $1 \times k$ 光スイッチと $k \times 1$ 光スイッチを2段目における増設ユニットとして該光交換機のスイッチング容量を拡張可能な構成としたことを特徴とする光交換機。

【請求項11】 各段が複数の光空間スイッチを含む3段

光スイッチ回路網からなる光交換機において、

1段目と3段目の1個の光空間スイッチの各入出力に配置された光アンプと、

1段目の光空間スイッチの各出力ポートに設けられた $1 \times k$ (k は自然数) 光スイッチと、

3段目の光空間スイッチの各入力ポートに設けられた $k \times 1$ 光スイッチとを具備し、

1段目と3段目の増設ユニットにつながる $1 \times k$ 光スイッチと $k \times 1$ 光スイッチを2段目における増設ユニットとし、光空間スイッチと該光空間スイッチの入出力両側の光アンプとを1段目と3段目における増設ユニットとして該光交換機のスイッチング容量を拡張可能な構成としたことを特徴とする光交換機。

【請求項12】 各段が複数の光空間スイッチを含む5段光スイッチ回路網からなる光交換機において、

1段目と5段目の光空間スイッチの各入出力に配置され、光空間スイッチと組み合わせられて1段目と5段目の増設ユニットを構成する第1の光アンプと、

2段目の光空間スイッチの各出力に配置され、光空間スイッチと組み合わせられて増設ユニットを構成する第2の光アンプと、

4段目の光空間スイッチの各入力に配置され、光空間スイッチと組み合わせられて増設ユニットを構成する第3の光アンプとを備え、

上記各増設ユニット数を順次増加することによって該光交換機のスイッチング容量を拡張可能な構成としたことを特徴とする光交換機。

【請求項13】 各段が複数の光空間スイッチを含む5段光スイッチ回路網からなる光交換機において、

2段目の光空間スイッチの各出力ポートに設けられた $1 \times k$ (k は自然数) 光スイッチと、

4段目の光空間スイッチの各入力ポートに設けられた $k \times 1$ 光スイッチとを具備し、

2段目と4段目の光空間スイッチにつながる $1 \times k$ 光スイッチと $k \times 1$ 光スイッチを3段目における増設ユニットとして該光交換機のスイッチング容量を拡張可能な構成としたことを特徴とする光交換機。

【請求項14】 各段が複数の光空間スイッチを含む5段光スイッチ回路網からなる光交換機において、

1段目と5段目の光空間スイッチの各入出力に配置され、光空間スイッチと組み合わせられて1段目と5段目の増設ユニットを構成する第1の光アンプと、

2段目の光空間スイッチの各出力に配置され、光空間スイッチと組み合わせられて増設ユニットを構成する第2の光アンプと、

4段目の光空間スイッチの各入力に配置され、光空間スイッチと組み合わせられて増設ユニットを構成する第3の光アンプと、

2段目の光空間スイッチの各出力ポートに設けられた $1 \times k$ (k は自然数) 光スイッチと、

4段目の光空間スイッチの各入力ポートに設けられた $k \times 1$ 光スイッチとを具備し、
2段目と4段目の増設ユニットにつながる $1 \times k$ 光スイッチと $k \times 1$ 光スイッチを3段目における増設ユニットとし、上記各増設ユニット数を順次増加することによって該光交換機のスイッチング容量を拡張可能な構成としたことを特徴とする光交換機。

【請求項15】複数の入出力光伝送路を収容し、入力された波長多重光信号を各波長の光信号毎に処理する回路を有する光交換機において、
少なくとも1つの波長の光信号を該波長多重光信号から選択出力する波長フィルタと、
該波長フィルタの各入出力に配置された光アンプとを備え、
該波長フィルタと該光アンプとを組み合わせたものを増設ユニットとし、その数を増加させることにより該光交換機の処理容量を拡張可能な構成としたことを特徴とする光交換機。

【請求項16】前記増設ユニットは、複数の前記波長フィルタと複数の前記光アンプとを組み合わせたことを特徴とする請求項15に記載の光交換機。

【請求項17】前記光交換機の前記回路は、(波長多重数 \times 出力光伝送路数)の出力ポートを収容することを特徴とする請求項15に記載の光交換機。

【請求項18】前記光交換機の前記回路は、(波長多重数 \times 出力光伝送路数)の出力ポートを収容することを特徴とする請求項16に記載の光交換機。

【請求項19】入力光伝送路側に設けられた光カプラと、
該光カプラの入力側に設けられた光アンプとを更に備え、
該光カプラと該光アンプとを組み合わせ増設ユニットを構成し、該増設ユニットの数を増加することによって該光交換機の処理容量を拡張可能な構成としたことを特徴とする請求項15～18のいずれか1つに記載の光交換機。

【請求項20】出力伝送路側に設けられた光カプラと、
該光カプラの出力側に設けられた光アンプとを更に備え、
該光カプラと該光アンプとを組み合わせ増設ユニットを構成し、該増設ユニットの数を増加することによって該光交換機の処理容量を拡張可能な構成としたことを特徴とする請求項15～18のいずれか1つに記載の光交換機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光交換機等の光システムにおいて光スイッチ部や波長選択部の拡張性を考慮した構成法に関する。

【0002】

【従来の技術】情報の高速化、大容量化に伴い、ネットワークならびに伝送システムの広帯域化/大容量化が要求されている。その一実現手段として、光ネットワークの構築が望まれている。光ネットワークを構築する上で、核となるのが光伝送システムである。

【0003】図12は、一般的な光ネットワークの構成を示す図である。同図(a)は単一波長光伝送システムにおける光クロスコネクタ(光XC; 光交換機)システムであり、複数の入出力光伝送路を収容し、入力光伝送路から入ってきた光信号を所望の出力光伝送路にルーティングする装置である。各入力光伝送路1300から入力される各光信号は、それぞれ単一の波長の光信号である。同図の例では波長を λ_0 としている。この構成の場合、各入力伝送路1300から入力される光信号は、全て同じ波長 λ_0 であってもよいし、伝送路毎に異なる波長であってもよい。ただし、単一波長光伝送システムであるので、1つの伝送路を伝播してくる光信号の波長は単一である。

【0004】入力光伝送路1300から入力された各光信号は、光信号処理部1302に入力され、ルーティングされて、出力光伝送路1301に出力される。光信号処理部1302の行う処理は、各入力光伝送路1300から入力された光信号の切り替えを行い、所望の出力光伝送路1301に出力するというものであり、いわゆる交換機の役割を行う。光信号処理部1302の交換機能は制御部1303によって制御される。制御部1303は、ネットワークのオペレーティングシステムからルーティングに関する情報を取得し、どの入力光伝送路1300から入力された光信号をどの出力光伝送路1301に出力するべきかを判断し、光信号処理部1302に制御信号を与えて、所望の交換機能を実現する。

【0005】一方、同図(b)は波長多重光伝送システムにおける波長多重光XCシステムであり、複数の入出力光伝送路を収容し、入力光伝送路から波長多重されて入ってきた光信号を、波長毎に所望の出力光伝送路にルーティングする装置である。

【0006】すなわち、同図(a)と同様に、入力光伝送路1305から入力された光信号を制御部1308の指示により光信号処理部1307がルーティングして出力光伝送路1306に出力する交換機能を実現するものである。ただし、同図(a)と異なるのは、1つの伝送路を伝播する光信号が複数のチャネルに対応する複数の波長からなっており、光信号処理部1307は、これら1つ1つの波長の光に対してルーティングを行う必要があるという点である。図13、14に、波長多重光XCシステムの光信号処理部の一般的な構成を示す。

【0007】図13は、光スイッチを用いた波長多重光XCシステムの光信号処理部の一般的な構成を示す図である。同図(a)は、波長固定型の光信号処理部である。

【0008】入力路1400から入力される光信号は波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ が多重されたものとしている。この波長多重された光信号は、まず、分波器1401に入力され、各波長の光信号に分波される。各波長に分波された光信号は光スイッチ部1402に入力され、ルーティングされた後、合波器1403に入力される。そして、合波器1403で再び合波され、波長多重光信号として出力路1404に出力される。同図(a)の構成は、波長固定型を前提にしているため、入力路1400から入力された光信号の波長は変換されず出力され、合波器1403で合波され、出力路1404に出力される。すなわち、入力光信号の内、波長 λ_1 の光信号は、出力路1404に出力されるときも波長 λ_1 のままである。同図(a)に示されるように、合波器1403は複数の出力路1404に対応して、複数設けられるが、それぞれの合波器1403には同じ波長の光信号が2以上入力されないように構成される。これは、光信号を波長多重するために必要とされることである。従って、例えば、波長 λ_1 の光信号は、1つの合波器1404に1つだけ入力されるように、光スイッチ部1402はルーティングを行う。

【0009】同図(b)は、波長変換型の光信号処理部の一般的な構成を示した図である。なお、同図(a)と同じ構成要素には同じ参照番号を付してある。入力路1400から入力される波長多重光信号は分波器1401によって各波長の光信号に分波され、光スイッチ部1402に入力される。光スイッチ部1402は、これら各波長の光信号をルーティングし、出力する。ただし、同図(b)の構成は、波長変換型であるので、光スイッチ部1402は、入力光信号の波長に関係なくルーティングを行うので、光スイッチ部1402の出力ポートから出力される光信号を合波器1403に入力して、光信号を合波するのでは、同じ波長の光が2つ以上含まれてしまい、正常な波長多重ができない可能性がある。そこで、光スイッチ部1402と合波器1403の間に波長変換部1405を設け、1つの合波器1403に入力される各光信号の波長を互いに異なるように波長変換する。同図(b)の場合は、各合波器1403に入力する光信号の波長をそれぞれ $\lambda_1 \sim \lambda_n$ に変換している。従って、波長変換型の光信号処理部では、最初 λ_1 の波長で入力した光信号は、合波器1403から伝送路に出力される場合に、必ずしも波長 λ_1 で出力されるとは限らず、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のいずれになるかは波長変換部1405がどの光信号をどの波長に変換するかによって変わってくる。

【0010】なお、図13の光スイッチ部は、一般的に8×8光スイッチ等を多段に組み合わせて実現されるのが通常である。これに対し、光スイッチを使わなくても光信号処理部を構成することができる。

【0011】図14は、波長選択部を使用して光信号処理部を構成した場合の構成例である。同図(a)は、波

長多重光信号をそのまま入力し、ルーティング後、波長多重された状態で光信号を出力する構成の波長固定型光信号処理部の構成例を示している。

【0012】波長多重された光信号は入力路1500から直接波長選択部1501に入力され、ルーティングされる。波長選択部1501内部では、各波長毎にルーティングがされるが、波長の変換は行われぬ。従って、ある特定の波長の光信号は、その波長のままルーティングされた後、波長多重されて出力路1502に出力される。

【0013】同図(b)は、波長変換型の光信号処理部の構成を示している。なお、同図(a)と同じ構成要素には同じ参照番号を付してある。同図(b)の構成では、入力路1500から波長多重された光信号がそのまま波長選択部1501に入力される。波長選択部1501は、波長多重された光信号を各波長毎にルーティングし、出力する。同図(b)の場合は、波長変換型なので、入力路1500から波長選択部1501に入力した特定の光信号は、波長選択部1501のどの出力ポートから出力されるか分からない。すなわち、同図(a)の場合には、図示されていないが、特定の波長を持った光信号は特定のルートを通るように決められており、波長多重する場合に同じ波長の光信号同士を波長多重しないように構成されているが、同図(b)の場合には、波長に関係なくルーティングされるので、波長選択部1501の特定の出力ポートを1つの合波器1504に対応させて光信号を合波すると、同じ波長の光信号同士を合波してしまう可能性がある。従って、合波器1504で同じ波長の光信号同士を合波しないように、波長変換部1503が光信号の波長を変換して合波器1504に入力している。

【0014】このように、同図(b)の場合も入力路1500から波長選択部1501に入力したときに特定の波長を持っていた光信号は、出力路1502から伝送路に送出される際に、同じ波長を持っているとは限らない。

【0015】上述したようなシステムを実現する上でキーとなるのが大容量な光スイッチ部や波長選択部であり、拡張性(運用中の光信号を切断することなく、処理容量を増設すること。尚、初期時から最大容量収容時までにおいて、増設ポート数に比例してハード量が増えていくことが望まれる。)は重要な項目である。

【0016】一般的に空間スイッチにおける容量の拡張手段としては、Closによって提案された3段構成に代表されるように多段構成が取られる。当然、光スイッチ回路網においてもその手法は用いられている。

【0017】波長多重光XCシステムにおける波長選択部の構成は、例えば、波長変換型における構成が特願平8-019964号明細書に詳細が記載されている。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】従来の構成においては、例えば、3段回路における拡張の方法としては、2段目のスイッチを全て最初から用意しておき、1段目と3段目のスイッチをペアで順次増設して行くことになる。また、5段回路における拡張の方法としては、3段目のスイッチを全て最初から用意しておき、1段目と5段目、2段目と4段目のスイッチをそれぞれペアで順次増設していくことになる。

【0019】こうした多段スイッチ回路網では、中間段のスイッチを全て最初から用意しておく必要があるため、初期時のハード量が大きくなってしまい、拡張性の点で問題があった。

【0020】また、光スイッチ回路網においては、スイッチング容量の増加に伴い光信号の損失（パワーレベルの劣化）が大きくなってしまう。従って、損失を補償するために光アンプをスイッチ回路網の中に挿入する必要がある。その場合においても拡張性を考慮して光アンプを配置し、スイッチング容量の拡張に応じて順次増設できるようにする必要がある。

【0021】同様に、波長選択部においても、処理容量の増加に伴い光信号の損失（パワーレベルの劣化）が大きくなってしまう。従って、損失を補償するために光アンプを波長選択部の中に挿入する必要がある。その場合においても拡張性を考慮して光アンプを配置し、処理容量の拡張に応じて順次増設できるようにする必要がある。

【0022】本発明の課題は、光信号の損失を補償するための光アンプを拡張性に富んだ形で配置し、スイッチング容量の順次増加に適切に対応できる光交換機を提供することである。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の側面における光交換機は、波長多重された光信号を複数のポートから入力し、ルーティングして、複数のポートから出力する光交換機において、入力された光信号に含まれる特定の波長の光信号を選択的にルーティングするルーティング素子と、該入力された光信号、あるいは、該特定の波長の光信号を増幅する光増幅手段とを備え、該ルーティング素子と該光増幅手段とを組み合わせる増設ユニットを構成し、該増設ユニットの設置数を増やすことによって該光交換機のスイッチング容量を増加することを特徴とする。

【0024】本発明の第2の側面における光交換機は、各段が複数の光空間スイッチを含む3段光スイッチ回路網からなる光交換機において、1段目と3段目の光空間スイッチの各入出力に配置された光アンプを備え、光空間スイッチと該光空間スイッチの入出力両側の光アンプとを増設ユニットとして該光交換機のスイッチング容量を拡張していくことを特徴とする。

【0025】本発明の第3の側面における光交換機は、

各段が複数の光空間スイッチを含む3段光スイッチ回路網からなる光交換機において、1段目の光空間スイッチの各出力ポートに設けられた $1 \times k$ （ k は自然数）光スイッチと、3段目の光空間スイッチの各入力ポートに設けられた $k \times 1$ 光スイッチとを具備し、1段目と3段目の1個の光空間スイッチにつながる $1 \times k$ 光スイッチと $k \times 1$ 光スイッチを2段目における増設ユニットとして該光交換機のスイッチング容量を拡張していくことを特徴とする。

10 【0026】本発明の第4の側面における光交換機は、各段が複数の光空間スイッチを含む3段光スイッチ回路網からなる光交換機において、1段目と3段目の光空間スイッチの各入出力に配置された光アンプと、1段目の光空間スイッチの各出力ポートに設けられた $1 \times k$ （ k は自然数）光スイッチと、3段目の光空間スイッチの各入力ポートに設けられた $k \times 1$ 光スイッチとを具備し、1段目と3段目の増設ユニットにつながる $1 \times k$ 光スイッチと $k \times 1$ 光スイッチを2段目における増設ユニットとし、光空間スイッチと該光空間スイッチの入出力両側の光アンプとを1段目と3段目における増設ユニットとして該光交換機のスイッチング容量を拡張していくことを特徴とする。

【0027】本発明の第5の側面における光交換機は、各段が複数の光空間スイッチを含む5段光スイッチ回路網からなる光交換機において、1段目と5段目の光空間スイッチの各入出力に配置され、光空間スイッチと組み合わせられて1段目と5段目の増設ユニットを構成する第1の光アンプと、2段目の光空間スイッチの各出力に配置され、光空間スイッチと組み合わせられて増設ユニットを構成する第2の光アンプと、4段目の光空間スイッチの各入力に配置され、光空間スイッチと組み合わせられて増設ユニットを構成する第3の光アンプとを備え、上記各増設ユニット数を順次増加することによって該光交換機のスイッチング容量を拡張していくことを特徴とする。

【0028】本発明の第6の側面における光交換機は、各段が複数の光空間スイッチを含む5段光スイッチ回路網からなる光交換機において、2段目の光空間スイッチの各出力ポートに設けられた $1 \times k$ （ k は自然数）光スイッチと、4段目の光空間スイッチの各入力ポートに設けられた $k \times 1$ 光スイッチとを具備し、2段目と4段目の光空間スイッチにつながる $1 \times k$ 光スイッチと $k \times 1$ 光スイッチを3段目における増設ユニットとして該光交換機のスイッチング容量を拡張していくことを特徴とする。

【0029】本発明の第7の側面における光交換機は、各段が複数の光空間スイッチを含む5段光スイッチ回路網からなる光交換機において、1段目と5段目の光空間スイッチの各入出力に配置され、光空間スイッチと組み合わせられて1段目と5段目の増設ユニットを構成する第

1の光アンプと、2段目の光空間スイッチの各出力に配置され、光空間スイッチと組み合わせられて増設ユニットを構成する第2の光アンプと、4段目の光空間スイッチの各入力に配置され、光空間スイッチと組み合わせられて増設ユニットを構成する第3の光アンプと、2段目の光空間スイッチの各出力ポートに設けられた $1 \times k$ (k は自然数) 光スイッチと、4段目の光空間スイッチの各入力ポートに設けられた $k \times 1$ 光スイッチとを具備し、2段目と4段目の増設ユニットにつながる $1 \times k$ 光スイッチと $k \times 1$ 光スイッチを3段目における増設ユニットとし、上記各増設ユニット数を順次増加することによって該光交換機のスイッチング容量を拡張していくことを特徴とする。

【0030】本発明の第8の側面における光交換機は、複数の入出力光伝送路を収容し、入力された波長多重光信号を各波長の光信号毎に処理する回路を有する光交換機において、少なくとも1つの波長の光信号を該波長多重光信号から選択出力する波長フィルタと、該波長フィルタの各入出力に配置された光アンプとを備え、該波長フィルタと該光アンプとを組み合わせたものを増設ユニットとし、その数を増加させることにより該光交換機の処理容量を拡張していくことを特徴とする。

【0031】本発明によれば、光空間スイッチをルーティング素子として使用する光交換機においては、始めから全てのスイッチを用意しておく必要のある中間段以外の段の光空間スイッチと光アンプとを組み合わせることにより、光空間スイッチのみではなく、光アンプもスイッチング容量の増設に伴って増やすようにしているので、光交換機設置初期において、スイッチング容量が少なくて済むような場合に、不必要に光アンプを配置する必要がなく、初期投資を削減できる。

【0032】更に、中間段の光空間スイッチを $1 \times k$ 、 $k \times 1$ スwitchで構成することにより、中間段も増設可能とすることにより、中間段に対する初期投資をも低減することができる。

【0033】また、波長フィルタを用いた光交換機においても、波長フィルタとその前後に設けられた光アンプとを増設ユニットとすることにより、光交換機のスイッチング容量の増設に柔軟に対応することが出来る。

【0034】

【発明の実施の形態】図1～図3は、3段回路構成の場合の光スイッチ部の構成例である。図1は従来の3段回路の構成において、光アンプを挿入した場合で拡張性を持たせた構成例である。

【0035】光スイッチで光スイッチ部を構成する場合、各光スイッチでロスを生じるので、このロスを補償するために各光スイッチの後段に光アンプが必要となる。更に、光信号を光スイッチ部に入力する場合に、伝送路で受けた損失を補償するために、光スイッチ部の入力ポート側にも光アンプが必要となる。なお、同図で

は、光スイッチ部全体の規模としては、 64×64 を想定しているが、必ずしもこれに限られるものではない。

【0036】入力ポート側から入力された光信号は、最初に光アンプで伝送路における損失が補償され、1段目の光スイッチに入力される。この光スイッチに入力された光信号は、不図示の制御回路の指示に基づき、1段目の光スイッチの16個の出力ポートのいづれから出力され、光アンプによって増幅されて、1段目の光スイッチによる損失が補償される。1段目の光スイッチの16個の出力ポートは、2段目の16個の光スイッチにそれぞれ対応しており、1段目から出力された光信号は2段目の16個の光スイッチの内のいずれか1つに入力され、ルーティングされる。2段目の1つの光スイッチの出力ポートは、それぞれ3段目の8つの光スイッチに対応しており、2段目から出力された光信号は、光アンプで2段目の光スイッチによる損失の補償を受け、3段目の8つの光スイッチのいずれかに入力される。そして、3段目の光スイッチで切り替えが行われ、3段目の光スイッチから出力され、光アンプで増幅されてから、光スイッチ部の外部に送出される。

【0037】上記説明では、光スイッチ部は最大限増設されていることを前提に説明したが、スイッチング容量がもっと少なくても良い場合には、1段目と3段目の増設ユニットが減らされるので、2段目の各光スイッチの入力ポート及び出力ポートの内、使用されないものができる。この場合の動作も上記説明と基本的に同じなので説明は省略する。

【0038】同図の場合、光アンプの挿入位置としては、入力ポート側(伝送路での伝送損失を補償する為)、1段目と2段目のスイッチの間(1段目のスイッチでの損失を補償する為)、2段目と3段目のスイッチの間(2段目のスイッチでの損失を補償する為)、そして出力ポート側(3段目でのスイッチでの損失を補償する為)、の計4箇所ある。先にも述べたように3段回路では、2段目のスイッチを全て予め用意しておく必要がある。そこで光アンプは1段目と3段目の光スイッチの各入出力に配置し、光アンプー光スイッチー光アンプを増設ユニットとして順次増設していく。増設する場合には、1段目と3段目に必要な数の光スイッチ(同図の場合、 8×16 、 16×8 の光スイッチ)を配置し、既に設けられている2段目の 8×8 の各光スイッチと接続するようにすればよい。

【0039】このように、光スイッチのスイッチング容量に合わせて数を変更することの出来る1段目と3段目の光スイッチと光アンプを組み合わせ、増設単位とすることにより、光アンプを最小限設ければ良くなる。すなわち、光アンプを2段目の光スイッチと組み合わせ設置する場合には、2段目の光スイッチが始めから全スイッチを配置しておく必要があることから、光アンプも2段目の光スイッチに合わせて、使用されるかされない

かに関わらず2段目の全ての光スイッチのポート数だけ設けなくてはならなくなる。従って、実際には使用されない光スイッチを設置する必要があるので、初期投資として無駄な投資をしなければならない。これに対し、1段目、及び3段目の光スイッチと組み合わせれば、光アンプの数も必要最小限に抑えることが出来、初期投資の無駄をなくすることができる。

【0040】図2は従来の3段回路の構成において、2段目のスイッチにおいても拡張性を持たせた構成例である。具体的には、1段目のスイッチの各出力ポートに1×8スイッチ、3段目のスイッチの各入力ポートに8×1スイッチを具備する。また、1×8スイッチの8本の出力ポートは各々異なる8個の8×1スイッチの一つの入力ポートに接続される。この時8個の8×1スイッチの出力ポートは、それぞれ異なる8個の3段目のスイッチに接続されている。そして1段目と3段目の各光スイッチを増設ユニットとし、1段目と3段目の増設ユニットにつながる2段目の1×8光スイッチ(16個)と8×1光スイッチ(16個)を更に増設ユニットとして順次増設していく。なお、ここでは、1×8や8×1のスイッチや8×16、16×8のスイッチを例に説明したが、実際には、 $m1 \times m2$ 、 $m2 \times m1$ のスイッチ($m1 \geq 2 \times m2 - 1$:これは非閉塞条件を示す; non-blocking)や $1 \times k$ や $k \times 1$ のスイッチ(k は自然数)が使用可能である。

【0041】更に、図2では、光アンプを挿入している。光アンプの挿入位置は、1段目及び3段目の光スイッチ(光空間スイッチ)の入出力側である。従って、図1と同様に、1段目及び3段目の増設単位は、光スイッチとその入出力側に配置された光アンプとなる。このように、同図では、図1と同様、光アンプを余分に設ける必要がないという意味で、初期投資の無駄を省くことが出来ると共に、2段目の構成を図1とは異ならせたことにより、2段目にも増設単位を設定することが出来るようになっている。よって、図1のように2段目に、後の増設を見込んで、予め全ての光スイッチを設置しておかなくても、増設が必要になった時点で2段目の増設単位を増やせばよい。すなわち、図1に比べて、更に初期投資の無駄を省くことができる。

【0042】なお、光アンプは、図1と同様に、1段目及び3段目の光スイッチとともに増設単位として構成している様子を示したが、同図の場合、2段目も増設単位を構成可能であるので、1段目の光スイッチの出力側の光アンプ、および3段目の光スイッチの入力側の光アンプを2段目の増設単位に組み込んだ構成とする事も出来る。すなわち、1段目の光スイッチの出力側の光アンプを2段目の1×8スイッチの入力側に設け、3段目の光スイッチの入力側の光アンプを2段目の8×1スイッチの出力側に設けて、増設単位とすることが可能である。

【0043】図3は、図2の構成において、増設の様子

を示す図である。同図は、図2の64×64スイッチの構成において、スイッチ規模を16×16に設定した場合の構成を示している。

【0044】同図の構成においては、1段目の増設ユニットは2つ設けられており、2段目、3段目の増設ユニットも同様に2つずつ設けられている。図2のように、64×64のスイッチを構成する場合には、これら増設ユニットをそれぞれの段において、8つずつの増設ユニットを設ける。同図の構成で、最小のスイッチング容量は、8×8であり、1段目、2段目、及び3段目の増設ユニットをそれぞれ1つずつ設けるようにする。このとき、1×8スイッチの8つの出力ポートの内、実際に使用されるのは1つだけである。同様に、8×1スイッチの8つの入力ポートの内、実際に使用されるのは1つである。次に、8×8スイッチから16×16のスイッチに増設しようとする場合には、1段目、2段目、及び3段目のそれぞれに増設ユニットを1つずつ加え、2段目の1×8スイッチと8×1スイッチの配線をそれぞれ異なる増設ユニット間で行うようにする。このとき、1×8スイッチの出力ポートの内、実際に使用されるのは、2つのみであり、8×1スイッチの入力ポートの内、実際に使用されるのも2つのみである。このようにして、スイッチを増設する場合には各段の増設ユニットを順次増やしていくと共に、2段目の1×8スイッチの出力ポートと8×1スイッチの入力ポートとをそれぞれ新たに接続する作業を行う。そして、最大限スイッチング容量を増加した場合が、図2の状態である。図2では、全ての増設ユニットを記載することは行っていないが、実際には各段に増設ユニットが8つずつあり、2段目の1×8スイッチの出力ポートと8×1スイッチの入力ポートは全て使用されている状態となる。

【0045】なお、同図の1×8スイッチは、入力した光信号を8つの出力ポートのいずれかに出力し、8×1スイッチは、8つの入力ポートから入力した光信号の内1つを出力ポートに出力すればよいので、1×8スイッチ及び8×1スイッチの一方は、1×8あるいは8×1の光カプラでよい。

【0046】また、図2、図3では、各光スイッチのスイッチング容量に関し、特定の値を例にとりて説明したが、図1で説明したように、任意のスイッチング容量の光スイッチを使用可能である。図4及び図5は、光スイッチ部として5段回路を採用した場合の構成例である。

【0047】図4は、従来の5段回路の構成において、光アンプを挿入した場合で拡張性を持たせた構成例である。光アンプの挿入位置としては、入力ポート側(伝送路での伝送損失を補償する為)、1段目と2段目のスイッチの間(1段目のスイッチでの損失を補償する為)、2段目と3段目のスイッチの間(2段目のスイッチでの損失を補償する為)、3段目と4段目のスイッチの間(3段目のスイッチでの損失を補償する為)、4段目と

5段目のスイッチの間（4段目のスイッチでの損失を補償する為）、そして出力ポート側（5段目でのスイッチでの損失を補償する為）の計6箇所ある。5段回路では、3段回路の2段目のスイッチのように、3段目のスイッチを全て予め用意しておく必要がある。そこで、光アンプは1段目と5段目の光スイッチの各入出力に、また、2段目の光スイッチの各出力と4段目の光スイッチの各入力に配置する。そして、光アンプー光スイッチー光アンプからなる増設ユニット（1段目と5段目）、1段目の増設ユニットにつながり、光スイッチー光アンプからなる増設ユニット（2段目）、5段目の増設ユニットにつながり、光アンプー光スイッチからなる増設ユニット（4段目）を順次増設していく。例えば、同図の場合、2段目と3段目の増設ユニットは、入出力ポートの増加数が64個を越す毎に1個増設する必要がある、一方、1段目と5段目の増設ユニットは入出力ポートの増加数が8個を越す毎に1個増設する必要がある。

【0048】なお、前述のように、各光スイッチのスイッチング容量は、それぞれ設計者が適宜選択されるべきものであって、同図の構成に限定されるものではない。図5は、従来の5段回路の構成において、3段目のスイッチにおいても拡張性を持たせた構成例である。

【0049】具体的には、2段目のスイッチの各出力ポートに1×8スイッチ、4段目のスイッチの各入力ポートに8×1スイッチを具備する。また、1×8スイッチの8本の出力ポートは各々異なる8個のユニット内の1つの8×1スイッチの一つの入力ポートに接続される。この時、8個の8×1スイッチの出力ポートは、それぞれ4段目の異なる8個の増設ユニット内の光スイッチに接続されている。

【0050】光アンプを含まない構成の場合には、光スイッチからなる増設ユニット（1段目と5段目）、1段目の増設ユニットにつながり、光スイッチからなる増設ユニット（2段目）、5段目の増設ユニットにつながり、光スイッチからなる増設ユニット（4段目）、2段目と4段目の増設ユニットにつながり、1×8光スイッチ（256個）と8×1光スイッチ（256個）からなる増設ユニット（5段目）を順次増設していく。

【0051】光アンプを挿入した場合には、1段目は、1つの8×16スイッチと、この入出力側にそれぞれ設けられる光アンプとが1つの増設ユニットを構成する。同様に、5段目は、1つの16×8スイッチと、この入出力側にそれぞれ設けられた光アンプとが1つの増設ユニットを構成する。2段目は、16個の8×16スイッチと、各8×16スイッチの出力側に設けられる光アンプとが増設ユニットを構成する。同様に、4段目は、16個の16×8スイッチと、各16×8スイッチの入力側に設けられる光アンプとが増設ユニットを構成する。3段目は、2段目の増設ユニットに含まれる8×16スイッチの出力ポートの数と同数の、256個の1×8ス

スイッチと、4段目の増設ユニットに含まれる16×8スイッチの入力ポートの数と同数の、256個の8×1スイッチとが増設ユニットを構成する。

【0052】なお、光アンプは、必ずしも同図のように配置しなくてもよい。すなわち、2段目の増設ユニットの8×16スイッチの出力側の光アンプは、3段目の1×8スイッチの入力側に配置し、3段目の増設ユニットに組み込んでよい。また、同様に、4段目の増設ユニットの16×8スイッチの入力側の光アンプは、3段目の8×1スイッチの出力側に配置し、3段目の増設ユニットに組み込んでよい。また、初期投資がやや大きくなるが、1段目の8×16の出力側の光アンプ、及び5段目の16×8スイッチの入力側の光アンプを2段目、及び4段目の増設ユニットにそれぞれ組み込んでよい。

【0053】図6に光空間スイッチの構成例、及び $k \times 2k$ ($2k \times k$) の光空間スイッチの構成例を示す。なお、同図で、Crossと記載されているのは、光信号の進路が交叉することを示しており、Barは光信号の進路が平行になることを示している。各交叉点での光信号の進路がCrossとなるかBarとなるかは、不図示の制御回路から与えられる制御信号によって決定される。

【0054】同図(a)の光空間スイッチは、図1～図5における各光スイッチの基本単位となる構成の一例である。同図(a)の構成では、4×4スイッチを例として取り上げている。同図(a)に示されているように、光空間スイッチは、基板62に互いに交叉する光導波路を形成し、各導波路の交叉部分（図中、丸で囲まれている部分）に電圧の印加等により光信号の進路を変更することの出来る構成を設ける。各導波路の交叉部分に印加される電圧等は不図示の駆動回路で生成される。基板62上に形成された各光導波路には、入力ファイバ60から光信号が入力され、入力された光信号は、各交叉部分で進路が切り替えられながら導波路内を進行し、駆動回路から与えられた制御に従って、所望の出力ファイバ61に送出される。

【0055】同図(a)に示したのは、4×4スイッチの構成例であるが、よりスイッチング容量の大きい光空間スイッチを使用することも可能である。同図(a)の光空間スイッチの詳細は、例えば、特公平6-66982号公報に記載されている。

【0056】同図(b)は、同図(a)のような光空間スイッチを使用して、一般に $k \times 2k$ 、あるいは、 $2k \times k$ (k は自然数) スwitchを構成する方法を示した図である。

【0057】前述したように、光XCを構成する場合に、出力ポートがあるにも係わらず入力された光信号が、その出力ポートから出力できないという「閉塞」を生じさせないためには、光XCに使用する光スイッチの

出力ポートの数が入力ポートの数の2倍であればよい。従って、入力ポートの数 k に対し、出力ポートの数が $2k$ である光スイッチを光XCに使用すれば、非閉塞の光XCを構成することができる。

【0058】同図(a)のような $k \times k$ タイプの光空間スイッチを使用して $k \times 2k$ 、あるいは $2k \times k$ タイプの光スイッチを構成するには、同図(b)に示すように、 $k \times k$ タイプの光空間スイッチを2つと、 1×2 タイプの光スイッチを用いればよい。 1×2 タイプの光スイッチは、例えば、Y分岐導波路の分岐部分に光信号の経路を電氣的に切り替える構成を設けたものを使用すればよい。

【0059】 k 個の入力光信号は、各入力毎に設けられる 1×2 スイッチで $k \times k$ スイッチのいずれかに入力される。この制御は、不図示の制御回路の指示により、不図示の駆動回路を介して行われる。 1×2 スイッチで振り分けられた光信号は、入力した $k \times k$ スイッチで切り換えられ、 $2k$ 個ある出力のいずれかに出力される。

【0060】 $2k \times k$ スイッチは、同図(b)の入力と出力を逆に使用すれば容易に得ることが出来る。図7は、図14(a)に示した波長固定型光XCシステムにおいて、内部に光アンプを備える波長選択部の構成例である。

【0061】同図に示す波長選択部は、入力ポートの数が16、且つ、出力ポートの数が16の構成を示している。各入力ポートからは $\lambda 1 \sim \lambda 32$ の波長の光信号が多重されて伝送されてきており、各出力ポートからも波長 $\lambda 1 \sim \lambda 32$ の波長の光信号が多重されて出力される。入力ポート側から入力された波長多重光信号は、 1×16 光カブラ70で分岐される。光カブラ70が 1×16 の構成を取っているのは、出力ポートが16個あることに対応している。なお、 1×16 光カブラ70に入力する光信号は、 1×16 光カブラ70で分岐される前に、光アンプで増幅される。これは、伝送路を伝播することによるロスを補償するために行われるものである。 1×16 光カブラ70で分岐された光信号は、再び光アンプで増幅されてから多波長フィルタに入力される。ここでの光アンプによる増幅は、 1×16 光カブラ70によるロスを補償するために行われる。多波長フィルタは、入力された光信号のうち、所望の波長の光信号(1以上の任意の波長の光信号)を選択出力し、光アンプを介して 16×1 光カブラ72に入力する。ここでの光アンプの役割は、多波長フィルタによるロスを補償することである。

【0062】光カブラ72が 16×1 構成を取っているのは、入力ポートが16個あることに対応している。 16×1 光カブラ72に入力された各光信号は互いに合波され、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 32$ を含む波長多重光信号として出力される。

【0063】なお、同図では 1×16 、 16×1 光カブ

ラを特に取り上げて説明しているが、一般に、光カブラの構成としては出入力ポートの数がそれぞれ k 個であった場合、 $1 \times k$ 、 $k \times 1$ 光カブラを使用可能である。

【0064】光アンプの挿入位置としては、入力ポート側(伝送路での伝送損失を補償する為)、 1×16 光カブラ70と多波長フィルタの間(1×16 光カブラ70での損失を補償する為)、多波長フィルタと 16×1 光カブラ72の間(多波長フィルタでの損失を補償するため)、そして出力ポート側(16×1 光カブラ72での損失を補償する為)の計4箇所ある。ここで多波長フィルタは、波長多重入力光信号の中から所望の複数の波長を選択するフィルタであり、その例としては音響光学フィルタが挙げられる。本構成では、ポート数の増加に伴い多波長フィルタを追加する必要がある。そこで光アンプは多波長フィルタの各入出力に配置し、光アンプ-多波長フィルタ-光アンプを増設ユニットとして順次増設していく。また、ポート数を増加する際の増設ユニットとしては、光アンプ- 1×16 光カブラ、及び 16×1 光カブラ-光アンプそれぞれを増設ユニットとしてポート数の増加を行うことが出来る。

【0065】図8は、図7の構成において、光アンプ-多波長フィルタ-光アンプが集積化技術を用いて製造されている場合の構成例を示している。同図に示される構成においては、図7と同様に、光アンプ- 1×16 光カブラ、及び 16×1 光カブラ-光アンプをそれぞれ増設ユニットとしてポート数の増設を図ると共に、複数の多波長フィルタとその前後の光アンプを1つの増設ユニットとしている。

【0066】図7では1個の多波長フィルタを基に増設ユニットを設定したが、集積化技術を用い複数の多波長フィルタを1つの光モジュールとした場合には、図8に示したような増設ユニットを設定することも可能である。

【0067】同図の場合には、光カブラとして 1×16 や 16×1 構成のものを使用しているため、入出力ポートの数は16個が最大である。しかし、前述したように、光カブラを一般に $1 \times k$ 、 $k \times 1$ (k は自然数)構成とすることにより、入出力ポートをそれぞれ k 個まで増設が可能となる。

【0068】光アンプの配置は、図7で説明した通りであって、 1×16 光カブラの前段の光アンプは、伝送路で光信号が受けたロスを補償するためのものである。多波長フィルタの前段の光アンプは 1×16 光カブラによるロスを補償するものであり、多波長フィルタの後段の光アンプは多波長フィルタによるロスを補償するものである。最後に、 16×1 光カブラの後段の光アンプは、 16×1 光カブラによるロスを補償するためのものである。

【0069】図9は、図14(b)に示した波長選択部の構成において、光アンプを挿入した場合で拡張性を持

たせた構成例である。同図の場合には、波長変換型光XCに適用される波長選択部の構成であって、入力される波長多重光信号の各波長の光信号をそれぞれ別々の出力ポートから出力できるように、出力ポートが512個設けられている。この出力ポートの数に対応して、入力側に設けられた光カプラ90は1×512構成となっている。即ち、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{32}$ の光信号が波長多重された波長多重光信号を1つの入力として、これを、512個の同じ波長多重光信号に分岐する。光カプラ90が512個の出力を持っているのは、同図の波長選択部の出力ポートが512個あることに対応している。分岐された各光信号は、それぞれ光アンプで増幅され、波長フィルタに入力される。波長フィルタは、入力された波長多重光信号の中から所望の波長の光信号を選択出力する。波長フィルタから出力された光信号は、光アンプによって増幅され、16×1光カプラ91に入力されて、合波され、出力ポートから送信される。光カプラ91の入力が16個あるのは、同図の波長選択部の入力ポートが16個あることに対応している。

【0070】光アンプの挿入位置としては、入力ポート側（伝送路での伝送損失を補償する為）、1×512光カプラ90と波長フィルタの間（1×512光カプラ90での損失を補償する為）、波長フィルタと16×1光カプラ91の間（波長フィルタでの損失を補償する為）、出力ポート側（16×1光カプラ91での損失を補償する為）の計4箇所ある。そして、1×512光カプラ90内部にも損失補償用の光アンプを挿入する必要がある場合は挿入する。例えば、1×512程度のカプラでは同図下に示したように1×8光カプラを3段に接続して構成することが一般的であり、その場合は1段目と2段目、2段目と3段目の間にも光アンプを挿入することになる。つまり本構成例においては、光アンプの挿入箇所は合計6箇所となる。ここで波長フィルタは、波長多重入力光信号の中から所望の1波長を選択するフィルタであり、その例としては音響光学フィルタやファイバファブリペローフィルタ等が挙げられる。本構成では、ポート数や波長数の増加に伴い波長フィルタを追加する必要がある。そこで光アンプは、図7の波長固定型と同じように波長フィルタの各入出力に配置し、光アンプ-波長フィルタ-光アンプを増設ユニットとして順次増設していく。また、入出力ポートの増設ユニットとして、光アンプ-1×512光カプラ、及び、16×1光カプラ-光アンプをそれぞれ増設ユニットとして構成する。

【0071】図10、及び図11は、図9の構成における増設ユニットの構成の変形例を示す図である。図9では、1個の波長フィルタを基に増設ユニットを設定したが、集積化技術を用い複数の波長フィルタを1つの光モジュールとすることにより、図10、図11に示すような増設ユニットを設定することも可能である。

【0072】図10では、図9と同様に、光アンプ-1×512光カプラ、及び16×1光カプラ-光アンプをそれぞれ増設ユニットとすると共に、1つの16×1光カプラに接続される16組の光アンプ-波長フィルタ-光アンプを1つの増設ユニットとしている。このように、光素子の集積化技術を使うことによって、より多くの波長フィルタ等を含んだユニットを増設ユニットとして使用することが出来るので、増設に際し多くの光素子間の結線や配置決め等の作業を簡単化することが出来る。

【0073】例えば、同図の場合、入力ポート数を16個から17個に増設しようとする場合、出力ポートは32個増やす必要がある（波長多重数が32であることに対応する）。この場合、出力側の、16×1光カプラの増設ユニットを32個増設する必要があると共に、図9の構成では、波長フィルタの増設ユニットを16×32=512個増やす必要がある。しかし、図10の構成では、既に、16個の波長フィルタが1つの増設ユニットとして構成されているので、新たに必要となる増設ユニットの数は、32個で良いことになる。このように、複数の波長フィルタを1つの増設ユニットとすることにより、増設時に準備すべき増設ユニットの数をかなり減少することが出来るので、作業能率の向上、及び作業の信頼性の向上に大きく寄与することになる。

【0074】なお、1×512光カプラの構成としては、図9と同様、1×8光カプラを3段に接続し、その間に光アンプを設けた構成を示している。図11は、更に、波長フィルタの集積化を進めて増設ユニットを構成した場合を示す図である。

【0075】入力側の増設ユニットとしては、光アンプ-1×512光カプラ構成を採用しており、出力側の増設ユニットとしては、16×1光カプラ-光アンプ構成を採用している。また、1×512光カプラとしては、1×8光カプラを3段に設け、その間に光アンプを配置した構成を示している。

【0076】波長フィルタの増設ユニットとしては、16×32=512個の波長フィルタを集積化し、それぞれの波長フィルタの入力側及び出力側それぞれに光アンプを配置した構成を採用している。このように、多数の波長フィルタを集積化して増設ユニットを構成しておくと、入力ポート及び出力ポートの増設時に必要となる波長フィルタの増設ユニットの数を減らして、作業能率、及び作業の信頼性の向上に役立つ。特に、図11の場合では、入力ポートを15個から16個に増設しようとする場合には、出力ポートの数が32個増える。しかし、図11の波長フィルタの増設ユニットの場合には、増設ユニット1つで出力ポート32個をカバーするので、増設時に必要となる波長フィルタの増設ユニットの数は1つだけでよい。

【0077】なお、上記説明では、光スイッチ部や波長

選択部の入出力ポートの数や、その中に用いられる光スイッチや光カプラーの構成を特定の数値を挙げて説明したが、本発明は、これら特定の数値に限定されず、適用が可能である。これら具体的な数値は、本発明を利用する当業者によって適切に設定されるべきものである。

【0078】

【発明の効果】以上説明した様に、3段光スイッチ回路網において光アンプを1段目と3段目の光スイッチの各入出力に配置し、光アンプー光スイッチー光アンプを増設ユニットとして順次増設したり、1段目のスイッチの各出力ポートに $1 \times k$ スイッチ (k は自然数)、3段目のスイッチの各入力ポートに $k \times 1$ スイッチを具備し、1段目と3段目の各増設ユニットにつながる複数の $1 \times k$ スイッチと複数の $k \times 1$ スイッチを2段目における増設単位として順次増設することで、拡張性を持たせた構成とすることができ、本構成を用いた光伝送システムの性能向上に寄与するところが大きい。

【0079】また、5段光スイッチ回路網において光アンプを1段目と5段目の光スイッチの各入出力に、また2段目の光スイッチの各出力と4段目の光スイッチの各入力に配置し、光アンプー光スイッチー光アンプからなる増設ユニット (1段目と5段目)、1段目の増設ユニットにつながり光スイッチー光アンプからなる増設ユニット (2段目)、5段目の増設ユニットにつながり光アンプー光スイッチからなる増設ユニット (4段目) を順次増設したり、2段目のスイッチの各出力ポートに $1 \times k$ スイッチ、4段目のスイッチの各入力ポートに $k \times 1$ スイッチを具備し、2段目と4段目の各増設ユニットにつながる複数の $1 \times k$ スイッチと複数の $k \times 1$ スイッチを3段目における増設ユニットとして順次増設することで、拡張性を持たせた構成とすることができ、本構成を用いた光伝送システムの性能向上に寄与するところが大きい。

【0080】更に波長フィルタあるいは多波長フィルタを用いた波長選択部において、光アンプー光カプラー、光カプラーー光アンプ、あるいは、1個または複数の光アンプー多波長フィルタ (または波長フィルタ) ー光アンプを増設ユニットとして順次増設することで、拡張性を持たせた構成とすることができ、本構成を用いた光伝送システムの性能向上に寄与するところが大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】3段回路構成の場合の光スイッチ部の構成例を示す図 (その1) である。

【図2】3段回路構成の場合の光スイッチ部の構成例を示す図 (その2) である。

【図3】3段回路構成の場合の光スイッチ部の構成例を示す図 (その3) である。

【図4】光スイッチ部として5段回路を採用した場合の構成例を示す図 (その1) である。

【図5】光スイッチ部として5段回路を採用した場合の構成例を示す図 (その2) である。

【図6】光空間スイッチの構成例、及び $k \times 2k$ ($2k \times k$) の光空間スイッチの構成例を示す図である。

【図7】図14 (a) に示した波長固定型光XCシステムにおいて、内部に光アンプを備える波長選択部の構成例である。

【図8】図7の構成において、光アンプー多波長フィルター光アンプが集積化技術を用いて製造されている場合の構成例を示している。

【図9】図14 (b) に示した波長選択部の構成において、光アンプを挿入した場合で拡張性を持たせた構成例である。

【図10】図9の構成における増設ユニットの構成の変形例を示す図 (その1) である。

【図11】図9の構成における増設ユニットの構成の変形例を示す図 (その2) である。

【図12】一般的な光ネットワークの構成を示す図である。

【図13】波長多重光XCシステムの光信号処理部の一般的な構成を示す図 (その1) である。

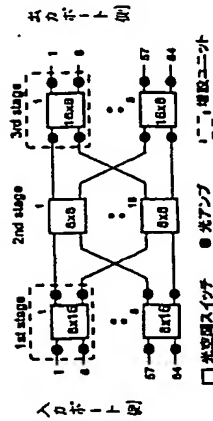
【図14】波長多重光XCシステムの光信号処理部の一般的な構成を示す図 (その2) である。

【符号の説明】

| | |
|-----------|----------------------|
| 60 | 入力ファイバ |
| 61 | 出力ファイバ |
| 62 | 基板 |
| 70 | 1×16 光カプラー |
| 72、91 | 16×1 光カプラー |
| 90 | 1×512 光カプラー |
| 1300、1305 | 入力伝送路 |
| 1301、1306 | 出力伝送路 |
| 1302、1307 | 光信号処理部 |
| 1303、1308 | 制御部 |
| 1400、1500 | 入力路 |
| 40 1401 | 分波器 |
| 1402 | 光スイッチ部 |
| 1403、1504 | 合波器 |
| 1404、1502 | 出力路 |
| 1405、1503 | 波長変換部 |
| 1501 | 波長選択部 |

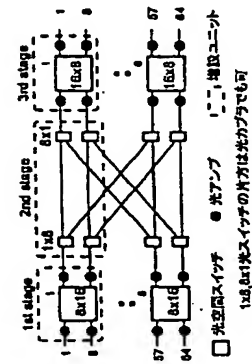
【図1】

3段階構成の場合の光スイッチの
構成例を示す図(2の1)



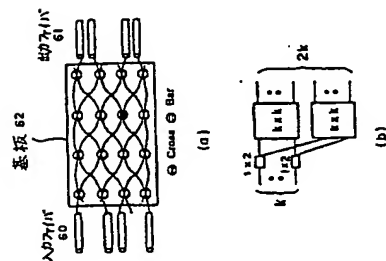
【図2】

3段階構成の場合の光スイッチの
構成例を示す図(2の2)



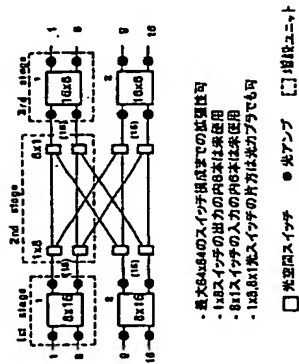
【図6】

光空間スイッチの構成例、 $2k \times k \times 2k$ ($2k \times k$)の
光空間スイッチの構成例を示す図



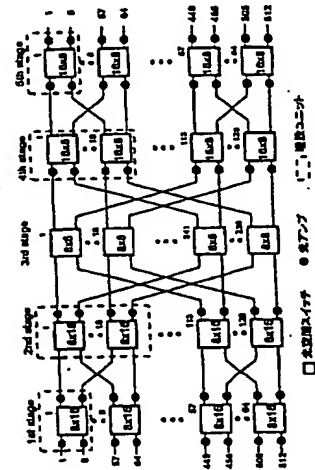
【図3】

3段回路構成の場合の光スイッチ部の
構成例を示す図(図3)



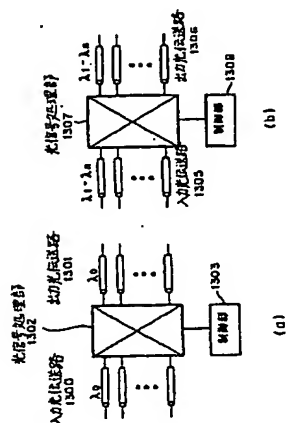
【図4】

光スイッチ部として5段回路を採用した場合の
構成例を示す図(図4)



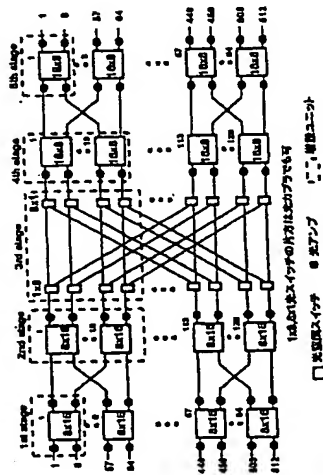
【図12】

一般的な光ネットワークの構成を示す図



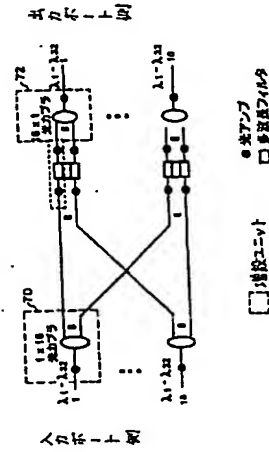
【図5】

光スイッチ部として5段回路を使用した場合の
構成例を示す図(図102)



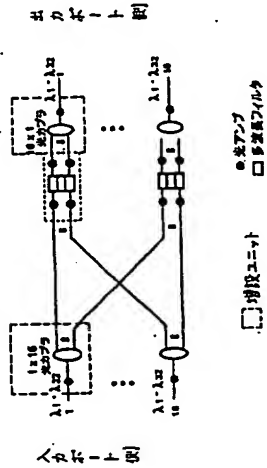
【図7】

図14(01)に示れた波長固定型XCシステムにおいて
内部に光アンプを備えた波長選択部の構成例



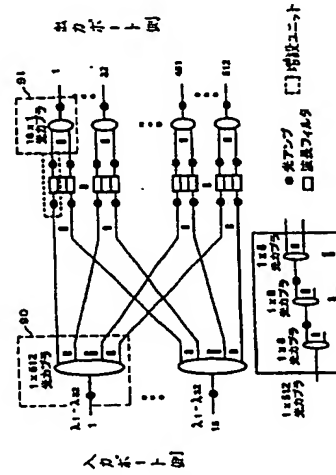
【図8】

図7の構成において、光アンプ増波長フィルタ
光アンプが集積化技術を用いて製造されている
場合の構成例を示す図



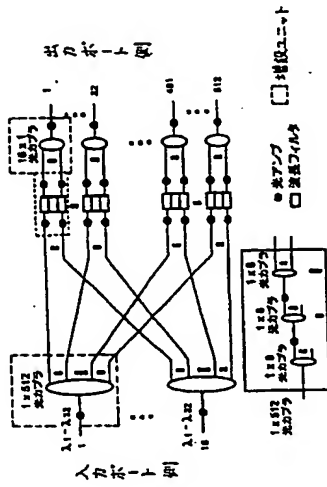
【図9】

図14(b)に示した波長選択部が構成において
光アンプを挿入した場合の構成例



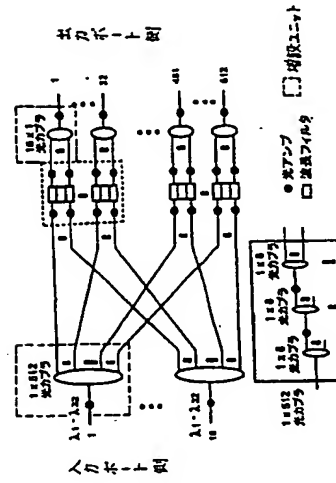
【図10】

図9の構成における増設ユニットの構成の
変形例を示す図(例1)



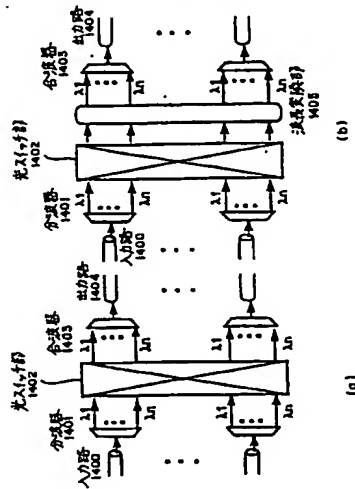
【図11】

図9の構成における増設ユニットの構成の
変形例を示す図(例2)



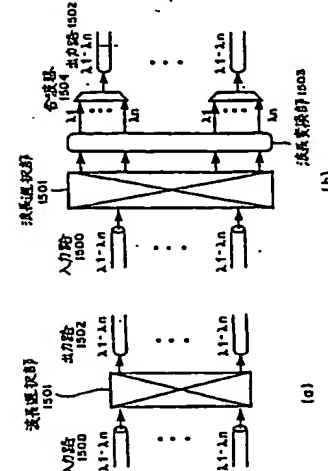
【図13】

波長多重光XCシステム的光信号処理部の
一般的な構成を示す図(401)



【図14】

波長多重光XCシステム的光信号処理部の
一般的な構成を示す図(402)



フロントページの続き

(72)発明者 前田 卓二
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 津山 功
神奈川県横浜市港北区新横浜2丁目3番9
号 富士通デジタル・テクノロジー株式会
社内
(72)発明者 中島 一郎
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内